



Tommi Ahonen

Pelituoli sähköpyörätuolisalibandyyn

Tuotekehitysprojekti

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Apuvälineteknikko
Apuvälinetekniikan
koulutusohjelma
Opinnäytetyö
27.11.2011

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tommi Ahonen Pelituoli sähköpyörätuolisalibandyyn Tuotekehitystyö 32 sivua + 1 liitettä 27.11.2011
Tutkinto	Apuvälineteknikko
Koulutusohjelma	Apuvälinetekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Apuvälineteknikko
Ohjaajat	Koulutuspäällikkö Mari Kruus-Niemelä Lehtori Tomi Nurminen Yliopettaja Kaija Matinheikki-Kokko
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee sähköpyörätuolin muokkaamista salibandypelituoliksi asiakkaan tarpeiden ja toiveiden pohjalta. Opinnäytetyö toteutettiin yksilöllisenä tuotekehitystyönä. Työn käytännön toteutukseen vaikuttivat käytössä olevat materiaalit, laitteet sekä omat resurssit ja taidot.</p> <p>Sähköpyörätuolisalibandy on sovellettu salibandystä liikuntavammaisille. Laji on nopeatemppoinen ja ainoa joukkueurheilulaji sähköpyörätuolin käyttäjille. Pelaajat voivat pelata joko käsimailalla tai tuoliin kiinnitettävällä T-stick mailalla.</p> <p>Kiinnostuttuani aiheesta projekti lähti liikkeelle työn suunnittelusta. Otin selvää sähköpyörätuolisalibandystä pelinä sekä tutustuin olemassa oleviin pelituoleihin. Sain hankittua tähän tarkoitukseen sopivan sähköpyörätuolin, josta voisi kehittää salibandypelituolin. Työn toteutusta suunnitellessani otin huomioon asiakkaan erityistarpeet ja toiveet uuden pelituolin ominaisuuksista. Tutustuin asiakkaaseeni ja mahdollisiin rajoituksiin sekä otin selvää myös hänen sairaudestaan, Duchennen lihasdystrofiasta.</p> <p>Jaoin työn tekemisen useampaan vaiheeseen, mitkä määräytyivät asiakkaan tapaamisten ja havaittujen kehitysideoiden mukaan. Kävin seuraamassa asiakkaan pelaamista vielä kesken-eräisellä pelituolilla. Sain käsitystä siitä, kuinka tehdä mahdollisimman toimiva ja hyvä pelituoli. Työn tekeminen toteutui suurimmaksi osaksi kotona, mutta joitakin muutoksia ja vii-meistelyn tein koululla.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää käytännön toteutuksen sekä kirjallisen työselosteen. Tuotekehitystyön tavoitteet toteutuivat pääsääntöisesti hyvin: asiakas on erittäin tyytyväinen uuteen tuoliin, sen ominaisuuksiin ja ulkonäköön. Lisäksi asiakas osasi pelaajan näkökulmasta arvioiden antaa arvokkaita neuvoja rakentamisessa. Tuoliin jäi vielä joitakin jatkokehittettäviä asioita, joihin pyrin vaikuttamaan vielä varsinaisen opinnäytetyön tekemisen jälkeen.</p>	
Avainsanat	Sähköpyörätuolisalibandy, Pelituoli, Soveltavaliikunta, Apuväline, Tuotekehitys, Duchennen lihasdystrofia

Author Title Number of Pages Date	Tommi Ahonen The playchair for electric wheelchair hockey; product development project 32 pages + 1 appendices 27 November 2011
Degree	Bachelor of Health Car
Degree Programme	Prosthetics and Orthotic
Specialisation	Prosthetics and Orthotic
Instructors	Maria Kruus-Niemelä Head of Degree Programme Tomi Nurminen Lecturer Kaija Matinheikki-Kokko Principal Lecture
<p>My final project was to develop and manufacture the electric wheelchair to use in floor ball games by client's needs and wishes. Final project was executed as individualized product development project. The practical implementation affected the available materials, equipment, and my own resources and skills.</p> <p>An electric wheelchair hockey has been applied to the disabled from the floor ball. This kind of sport is fast-paced and the only team sport in the electric wheelchair users. Players can either play with hand stick or T-stick, which is fastened to game chair.</p> <p>I started my product development project by planning, after I had focused my interest. First I explored the electric wheelchair hockey game as well as access to existing game chairs. I found the suited wheelchair for my project. Designing the implementation of the project I took into account the client's specific needs and desires of the new game chair features. We met with client and I got to know his restrictions and illness, Duchenne's muscular dystrophy. It set some conditions to the use of the chair.</p> <p>I divided the work into several phases, which are determined by client meetings and observed the development of ideas. I went to follow the game where client was playing, and the chair was still unfinished. I got an idea of how to make the most effective and good game chair. I made the project mostly at home, but some changes and finishing I did in school.</p> <p>The thesis includes practical implementation and a written description. The goals of this product development project actualized very well. The client is very happy with the new chair, its characteristics and appearance, and knew the player's point estimates give valuable advice on the building. In the chair there are still some development things which I will try to influence even after the actual thesis.</p>	
Keywords	Electric wheelchair floorball, Game chair, Applied sport, Assistive technology, Product development, Duchenne's muscular dystrophy

1 Johdanto	1
2 Sähköpyörätuolisalibandy	2
2.1 Historia	3
2.2 Pelituolit	3
2.3 Rakentamiseen vaikuttavat säännöt	4
3 Asiakas	5
3.1 Duchennen lihasdystrofia	5
3.2 Lihastauti ja liikunta	6
4 Tuotekehitys	8
5 Rakennusprojekti	10
5.1 Ensimmäinen vaihe	10
5.1.1 Moottorien kannattimet	10
5.1.2 Eturenkaat	12
5.1.3 Keulintarauta	13
5.1.4 Akkuteline	14
5.1.5 Tulos	15
5.2 Toinen vaihe	15
5.2.1 Akkuteline	16
5.2.2 Istuimen asennus	17
5.2.3 Istuimen takakiinnike	17
5.2.4 Istuimen etukiinnike	18
5.2.5 Jalkalauta	22
5.2.6 Ohjelmoiminen	23
5.2.7 Tulos	23
5.3 Kolmas vaihe	24
5.3.1 Lisärakenteet jalkalautaan ja moottorisuojat	24
5.3.2 Ohjaimen kannattimen muutokset	25
5.3.3 Keulintaraudan muutokset	25
5.3.4 Eturenkaiden hienosäätö	26
5.4 Neljäs vaihe	26
5.4.1 Ohjaimen johto	27
5.4.2 Ohjaimen kannatin	27
5.4.3 Istuimen muutokset	28
6 Kirjallisen työn ulkopuolelle jäävä kehitys- ja rakennustyö	29
7 Yhteenveto ja pohdinta	30
Lähteet	32
Liitteet	
Liite 1. Pelituoli ennen viimeistelyä	

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee pelituolin rakentamista asiakkaalleni, joka harrastaa vapaa-ajallaan sähköpyörätuolisalibandyä. Pelituolin rakentamisessa on edetty asiakkaan tarpeiden ja toiveiden mukaisesti. Tulen käsittelemään tässä työssä myös sähköpyörätuolisalibandyä lajina, asiakasta, asiakkaan liikuntakykyyn vaikuttavaa sairautta ja liikunnan mahdollisuuksista kyseisessä sairaudessa. Työni on tapauskohtainen tuotekehitystyö. Projektin voi oikeammin jakaa useaan pieneen tuotekehitykseen, jotka muodostavat yhden kokonaisuuden.

Asiakkaanani on 17-vuotias Duchennen lihasdystrofiaa sairastava poika, joka tarvitsee päivittäisessä liikkumisessaan sähköpyörätuolia. Poika harrastaa aktiivisesti sähköpyörätuolisalibandyä. Tähän asti pelaaminen on tapahtunut itse rakennetulla pelituolilla, mutta sen soveltuvuus pelaamiseen on ollut heikko. Tarkoitukseni on saada aikaan uusi, mahdollisimman toimiva ja tarkoituksenmukainen pelituoli.

Minua kiinnosti päästä tekemään opinnäytteenäni jotain konkreettista. Kiinnostukseni aiheeseen heräsi keväällä 2010, kun kaverini kertoi tästä pojasta ja mahdollisesta pelituolin uusinnasta. Pelituolin kehittäminen kiinnosti sen toiminnallisuuden vuoksi ja työn välitön hyödyllisyys oli innostava. Olin jo aikaisemminkin miettinyt, että olisi mukava joskus rakentaa toimiva pelituoli. Projektin aloitusta on lykännyt yhteistyökumppanin puuttuminen. En tosin ole sitä aktiivisesti etsinytkään. Kun sitten kuulin tästä pelituolin tarpeesta, tartuin heti tilaisuuteen. Olin tutustunut lajiin jonkin verran ennen projektin aloitusta ja perehdyin tarkemmin rakentamisen aikana.

Teoriaosuuden lisäksi työni sisältää projektikuvauksen rakennuspäiväkirjamaisesti. Esitelen ongelmia ja tavoitteita, minkä jälkeen pyrin vastaamaan niihin. Projektikuvaukset etenevät vaiheittain ja ovat hyvin yksityiskohtaisia. Havainnollistan myös kuvien avulla projektin eri vaiheita.

2 Sähköpyörätuolisalibandy

Sähköpyörätuolisalibandy on ainoa joukkueurheilulaji sähköpyörätuolia tarvitseville. Laji on sovellettu salibandysta vaikeavammaisille henkilöille (Historia 2007). Lajissa vaikeasti liikuntavammainen voi mielekkäällä tavalla harrastaa liikuntaa ja urheilua. Lajia voi harrastaa myös lievemmin vammaiset harrastusmielessä, mutta kentällä tulee liikkua sähköpyörätuolilla (Reijonen – Niemelä 2005: 58).

Lajissa ei ole sukupuolirajauksia. Maajoukkueessa ja muissakin joukkueissa on sekaisin miehiä ja naisia. Ikäjakauma on myös suuri.

Pelituolien lisäksi pelivälineiksi tarvitaan mailat, pallot ja maalit sekä mieluusti laidat kentän ympärille. Pelissä käytetään tavallista salibandymailaa, mutta sitä voidaan myös muokata käyttäjän tarpeiden mukaan sopivammaksi. Tyypillisiä muutoksia ovat mailan varren lyhentäminen ja keventäminen esimerkiksi hiomalla lapaa. Mailoihin voidaan tehdä myös monenlaisia muita muutoksia. Pelaajat, joiden käsimailan käyttö on rajoitettua, voivat osallistua käyttämällä tuoliin kiinnitettyä mailaa eli niin sanottua T-stick:iä. T-stickin käyttö kehittää pyörätuolilla liikkumista. Joskus T-stick –mailaa käytetään harrastuksen alussa, jolloin keskitytään pelkästään tuolin ohjaamiseen ennen kuin otetaan käsimaila käyttöön. (Reijonen – Niemelä 2005: 58-59.)

Joukkueessa vähintään yhden kenttäpelaajan ja maalivahdin on käytettävä tuoliin kiinnitettävää T-stick –mailaa. T-stick –mailan käyttäjät tarvitsevat vain kykyä ohjata omaa sähköpyörätuoliaan sekä peliälyä (Historia 2007). Pelitilanteessa kentällä on samaan aikaan maalivahdin lisäksi neljä kenttäpelaajaa. Eniten maaleja tehnyt joukkue on voittaja. Ottelu koostuu kahdesta 15 minuutin mittaisesta erästä. Otteluihin voivat virallisesti osallistua henkilöt, jotka käyttävät sähköpyörätuolia päivittäisessä käytössä. (Salibandy 2009.)

2.1 Historia

Pyörätuolisalibandy on melko uusi joukkueurheilulaji. Se on oletettavasti kehitetty hol-
lannissa 70-luvun alussa. Alkunsa peli sai ikään kuin vahingossa, mutta myöhemmin
sitä kehitettiin vastaamaan niiden ihmisten tarpeita, joille tällainen pelimuoto oli ainoa
vaihtoehto. Suomessa laji tuli tutuksi vuonna 1993 ensin Oulussa ja Helsingissä, minkä
jälkeen se levisi muuallekin Suomeen. Aluksi turnauksia järjestettiin lihastautiliiton ko-
kouksien yhteydessä. Ulkomaisiin turnauksiin harrastajat lähtivät vain pari vuotta myö-
hemmin. Lajin virallinen SM-sarja alkoi salibandyliiton alaisuudessa vuonna 1997. SM-
sarjassa joukkueita kaudella 2006-2007 oli yhdeksän. Vuonna 2010 oli kuusi joukkue-
ta. Oman maajoukkueen Suomi sai vuonna 1998 ja se otti ensimmäisessä kansainväli-
sessä maajoukkueturnauksessa neljännen sijan. Kesäkuussa 2004 Helsingissä
järjestettiin lajin ensimmäiset MM-kilpailut. (Historia 2007.)

2.2 Pelituolit

Erilaisia pelituoleja on lähes yhtä paljon kuin yksittäisiä pelaajia. Suurin osa Suomessa
käytetyistä tuoleista on rakennettu vanhoista, käytöstä poistetuista sähköpyörätuoleis-
ta. Suomen markkinoilla on myös tehdasvalmisteisia pelituoleja kuten esimerkiksi Tur-
bo-Twist sport. Tehdasvalmisteisten tuolien hinta on luultavasti yksi syy siihen, että
niitä näkee harvoin Suomen pelikentillä. Asiakkaiden yksilölliset tarpeet tuolien valin-
nassa myös varmasti osaltaan vaikuttavat asiaan: tulee halvemmaksi muokata vanhaa
tuolia, kuin ostaa uusi ja muokata sitä. Kentillä näkee myös paljon pelaajien omia käyt-
tötuoleja eli kaikilla ei ole varsinaista pelituolia. Pelituoli on hyvä olla olemassa.

Olen kuullut kerrottavan, että sähköpyörätuolin käyttäjät jotka pelaavat käyttötuolilla,
tulevat ennen peliä kiireesti huollattamaan tuolinsa, koska pitäisi lähteä turnaukseen.
Turnauksissa sattuu paljon yhteentörmäyksiä jonka vuoksi pyörätuolit saattavat vauri-
oitua. Turnauksen jälkeen mennään taas huoltoon ja sitten korjataan tuolia sieltä mistä
tarvitsee.

Asiakkaani vanha pelituoli on myös käytöstä poistettu Invacare storm-sähköpyörätuoli,
samoin kuin tämä kehitettävä pelituolikin. Siihen oli kotikonstein tehty pelaamista pa-

rantavia muutoksia. Tuoliin oli asennettu tukipyörät taakse ja jalkalautaa oli muokattu tukevammaksi ja jalkateriä suojaavammaksi. Tuolia oli kevennetty poistamalla iskuvaimennus takapäältä ja laskemalla samalla rakennetta matalammaksi. Istuimen alustana toimi sama metallirunko kuin alkuperäisessäkin istuimessa. Tässä pelituolissa sen päälle oli asennettu vanha linja-auton istuin, jossa on korkea selkänoja ja niskatuki. Vanha tuoli on kömpelö ja painava. Tuolin istuimen painopiste on edessä suhteessa vetäviin renkaisiin, jolloin tuoli kääntyy ohjattaessa melko huonosti.

2.3 Rakentamiseen vaikuttavat säännöt

Sähköpyörätuolisalibandyyn on olemassa viralliset säännöt. Säännöillä määritellään pelin kulkua, pelivälineitä, pelivälineiden käyttöä sekä kentän ja maalien kokoa. Sääntölista kokonaisuudessaan on kymmenien sivujen pituinen. (SPT-salibandyn säännöt 2009.) Työni tekemiseen vaikutti tästä vain muutama sääntö.

Pelituolina täytyi olla sähköpyörätuoli eli sähkömopot ja -kärryt eivät ole sallittuja. Sähköpyörätuolissa saa olla enintään kuusi ja vähintään neljä rengasta. Pelituolissa saa olla maksimissaan neljä turvapyörää. Yhteismäärältään renkaat ja turvapyörät eivät saa ylittää kahdeksaa rengasta. Pelituolin nopeus tulee rajoittaa siten, ettei sillä voi saavuttaa yli 15,0 km/h nopeutta. (SPT-salibandyn säännöt 2009.)

Pelituolin kaikkien säädettävien ja liikuteltavien rakenteiden täytyy olla sellaisella korkeudella, jotta pallo voi vapaasti vieriä niiden alitse. Pelituolin alla, päällä tai sisällä ei saa olla mitään tarpeettomia ja irrotettavia osia tai esteitä. Pelituolin rakenteessa ei saa olla mitään teräviä ulkonevia osia. Pelaajan vartalon, säärien, jalkaterien ja pyörätuolin suojaksi voi olla kiinnitetty turvakehikkoja. Turvakehikon kiinnityksessä on huomioitava pallon vapaa liikkuminen ja se, etteivät rakenteet ole yli viisi senttimetriä ulkonevampia suojattavasta kohteesta. (SPT-salibandyn säännöt 2009.)

3 Asiakas

Asiakkaani on 17-vuotias poika, joka sairastaa Duchennen lihasdystrofiaa. Poika tarvitsee jokapäiväisessä liikkumisessaan sähköpyörätuolia. Asiakkaan heikentyneen toimintakyvyn sekä sairaudesta johtuvan ylipainon vuoksi siirtymiset pyörätuoliin ja tuolista pois tehdään henkilönostinta apuna käyttäen. Asiakas painaan noin 90 kg, jonka vuoksi rakenneratkaisuissa olen joutunut miettimään kestävyttä ja turvallisuutta. Poika harrastaa vapaa-ajallaan aktiivisesti sähköpyörätuolisibandyä. Löysin asiakkaani erään tuttavani kautta, joka tiesi pojan tarvitsevan uutta pelituolia. Otin yhteyttä asiakkaaseeni ja sovimme uuden pelituolin rakennusprojektin aloittamisesta.

3.1 Duchennen lihasdystrofia

Lihasdystrofiolla tarkoitetaan myopatioita eli lihassairauksia, jotka ovat eteneviä ja perinnöllisiä sairauksia (Honkanen – Malin – Rinne – Viitanen 1996: 47; Falck – Kalimo – Udd 2006: 535). Sairauden syy on lihastoimintaa säätelevissä geeneissä. Lihasdystrofialle on ominaista lihaksien surkastuminen ja lihasvoiman heikkeneminen. (Honkanen – Malin – Rinne – Viitanen 1996: 47.) Tärkein surkastumisen mekanismi on lihassyiden korvautuminen side- ja rasvakudoksella sekä lihassynekroosi (Falck – Kalimo – Udd 2006: 535).

Duchennen lihasdystrofia on yksi tämän tautiryhmän sairauksista, mikä on myös lasten yleisin ja vaikein lihastauti. Taudin ilmaantuvuus on 1/3500 ja siihen sairastuvat vain pojat, koska tauti periytyy X-kromosomissa (Honkanen – Malin – Rinne – Viitanen 1996: 47; Falck – Kalimo – Udd 2006: 535). Joskus tauti saa alkunsa myös geenimutaatiosta. Suomessa tautia sairastavia on noin 150 henkilöä (Honkanen ym. 1996: 47). Vastasyntyneenä Duchennen lihasdystrofiaa sairastava lapsi vaikuttaa normaalilta. Motorinen kehitys on kuitenkin alusta asti selvästi hidasta. Lapsen poikkeavuus ilmenee tavallisesti tämän ollessa kahden ja neljän ikävuoden välillä. Hartian ja lantion lihaksissa on selvimmät lihasheikkoudet ja lihasatrofiat eli lihassurkastumat. Alkuvaiheessa yläraajalihakset ovat suhteessa selvästi vahvemmat kuin alaraajalihakset. Taudin edetessä lihasheikkous pahenee ja pyörätuolia lapsi tarvitsee jo 10-13 vuoden iässä. Teini-ikässä sydänlihaskomplikaatiot ja hengityslihasten heikkous ovat tavallisia. (Falck – Ka-

limo – Udd 2006: 535.) Taudille tyypillistä on myös pseudohypertrofia eli lihaksen koko suurenee ilman, että sen voima kasvaa. Niveljäykistymät ja selkärangan skolioosi ovat normaali seuraus lihassurkastumista ja lihasvoiman heikkenemisestä. Viimeisenä sairaus näkyy kasvoissa, käsissä ja hengityslihaksissa. (Honkanen – Malin – Rinne – Viitanen 1996: 47).

3.2 Lihastauti ja liikunta

Lihastaudit vaikeuttavat usein liikkumista kaikissa arkiaskareissa ja taudin kehittyessä myös kömpelyys lisääntyy. Vaikeimmissa sairauksissa pyörätuolille on tarvetta. Sähköpyörätuoli otetaan yleensä käyttöön käsivoimien heikennyttyä. Tasapainon ylläpito on useissa lihastaudeissa vaikeaa. Huomattavimmat liikkumista haittaavat tekijät ovat kömpelyys, hitaus, väsyminen, kaatumisalttius, liikkeiden rajoittuneisuus ja niiden tekemisen vaikeutuminen. Kun liikkuminen vähenee, se vaikeuttaa erityisesti hengitystoiminnan ylläpitämistä. Tästä seuraa myös vastustuskyvyn heikkeneminen hengitystieinfektioille. Pitkäaikainen liikkumattomuus heikentää myös sydämen ja verenkiertoelimistön toimintaa. (Mälkiä 1991: 76.)

Lihasheikkoutta ei useimmiten voida estää. Kuntoutettaessa lihastauteja olennaista on liitännäisoireiden ja muutosten vähentäminen tai ehkäiseminen. Joissakin lihastaudeissa, kuten dystrofoissa, fyysisiä harjoituksia kehoitetaan jopa välttämään. Kuitenkin tietynlainen liikunta on hyväksi myös näissä tapauksissa. Liikunta auttaa ylläpitämään sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaa sekä edistämään hengitystoimintaa. Se myös ehkäisee raajojen ja selän virheasentoja sekä aktivoi heikkojen lihasten käyttämistä. Erityisen rasittava liikunta ei ole hyväksi. Liikunnasta palautumisen pitäisi aina tapahtua nopeasti ja väsyttävää liikuntaa tulisi välttää. Liikunnan yksi päätarkoituksista on ylläpitää toimintakykyä vahvistamalla heikkojen lihasten käyttöä erilaisissa liikkeissä. Ennen kaikkea liikunta antaa positiivisia liikkumiselämyksiä ja parantaa elämän laatua, mikä on liikkumisrajoitteisille erittäin tärkeää. (Mälkiä 1991: 76.)

Liikuntaharjoituksista voi olla myös terapeuttiseen kuntoutukseen hyötyä, kuten nivelten virheasentojen estäminen ja lihastoimintojen pysyminen mahdollisimman symmetrisinä. Liikuntaharjoitukset olisi hyvä suunnitella yhdessä liikuntavoimistelijan ja

lääkärin kanssa. Tällä varmistettaisiin kuntoutuksen päämäärä ja määritettäisiin mahdollisesti kuormituksen aste. (Mälkiä 1991: 77.)

4 Tuotekehitys

Tuotekehitystyötä aloitellessani luin Tapani Jokisen kirjoittaman kirjan Tuotekehitys. Kirjassa selitetään erilaisin käsittein ja termein sellaisia tuotekehityksen menetelmiä ja vaiheita, joita olin jo tottunut käyttämään monissa aikaisemmissa projekteissa. Tunnistin käyttäväni paljon kehitysratkaisujen etsimisessä muuntelumenetelmää. Jokisen (2001: 44) mukaan muuntelumenetelmä on hyvin vanha. Useat ihmiset käyttävät sitä, vaikkeivät tiedosta sitä miksikään järjestelmälliseksi menetelmäksi. Menetelmä on hyvin sovellettavissa jo olemassa olevan idean tai tuotteen parantamiseen.

Muuntelumenetelmässä pyritään saamaan ideoita miettimällä, mitkä muut tuotteet tai ideat voisivat olla samantapaista kehitteillä olevan idean tai tuotteen kanssa. Mietitään, voitaisiinko haluttuun tulokseen päästä käyttämällä päinvastaista tapaa, kuin mitä oli suunniteltu tai millaisia tuloksia toistenlaisten järjestysten käyttäminen antaisi. tai jos toiminnot jaetaan osatoiminnoiksi tai yhdistetään niitä. Muuntelumenetelmän apuna voidaan soveltaa erilaisia kysymyssanoja. (Jokinen 2001:44.)

Pelituolin kehityksessä on monessa kohdassa kyse nimenomaan jo valmiin ratkaisun tai rakenteen uudelleen kehityksestä. Uusien osien ja rakenteiden sovitus toisiinsa vaati erityisratkaisuja. Edistin tuolin osien ja itse kokonaisuuden kehitystä esittämällä itselleni kysymyksiä, kuten esimerkiksi kuinka, mistä materiaalista, minkä vuoksi, miksi jokin tehdään näin? Vastauksia voidaan hakea asiakkaan toimintakyvyn tai ominaisuuksien vaatimuksista ja henkilökohtaisista toiveista, mutta myös omat resurssit, oma taito ja käytössä olevat materiaalit ja laitteet vaikuttivat siihen, millaisiin ratkaisuihin päädyin.

Hyvä esimerkki muuntelumenetelmän käytöstä tuli istuimen muutostyössä. Istuimeen täytyi saada lisää istuinsyvyyttä. Muutoksen aikaan saamiseen käytin selkänojan alkuperäisiä osia, mutta muuntelin niiden asentoa suhteessa toisiinsa ja sen jälkeen hitsasin osat taas toisiinsa. Vaikka käytinkin samoja osia, sain aikaan erilaisen istuma-asennon. Lopputuloksena selkänoja siirtyi huomattavasti taaksepäin, jolloin istuinsyvyyttä tuli lisää. Toisena vaihtoehtona oli selkänojjatyynyn ohentaminen. Puntaroin näiden vaihtoehtojen välillä, mutta hylkäsin selkänojjatyynyn ohentamisen, koska arvioin sen liian isotöiseksi.

Vaikka käytinkin hyvin paljon soveltaen muuntelumenetelmää, jokaisessa kehitetyssä osassa tai osakokonaisuudessa on myös piirteitä Jokisen kirjassaan esittämistä kehitysvaiheista. Tuotekehitys jaetaan neljään toimintavaiheeseen, joita ovat käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. (Jokinen 2001:14.)

Tuotekehitystyöni edustaa vallitsevia vihreitä arvoja. Sähköpyörätuoli ja melkein kaikki uudelleen rakennetussa tuolissa olevat osat ovat uusiokäytettyä materiaalia. Suurimman investoinnit, joita jouduin tekemään, liittyivät materiaalien työstöön, kuten esimerkiksi poranterät, kierretapit ja kulmahiomakoneen katkaisu- ja hiontalaikat. Jouduin myös ostamaan uusia kiinnitystarvikkeita, jotta pääsin tehokkaiisiin ja turvallisiin kiinnitysratkaisuihin. Hyödynsin materiaalia monenlaisista jo käytöstä poistuneista apuvälineistä. Esimerkiksi vanhat suihkutuolit ja rollaattorit olivat erinomaisia materiaaliltaan ja valmiilta muodoiltaan monien rakenteiden valmistamiseen.

5 Rakennusprojekti

Projekti lähti siitä liikkeelle, kun sain Turun yliopistollisen keskussairaalan apuvälinekeskuksesta käytöstä poistetun Invacare Storm XS –sähköpyörätuolin, josta aloin kehittämään uutta pelituolia. Kehitettävänä oleva tuoli on malliltaan suosittu pelaajien keskuudessa. Tuoli on semmoisenaan huonosti pelituoliksi soveltuva. Se on rakenteeltaan korkea ja hyvin painava sekä painopisteeltään tarkoituksenmukaisesti vakaa, eli ketteryys puuttuu. Tuolin runko sopii hyvin kehitettäväksi tämän tyyliiseen projektiin.

Tässä luvussa selostetaan rakennusprojektin neljä eri vaihetta. Pelituolin valmistus on jakautunut useaan vaiheeseen käytännön syistä. Olen valmistanut tuolia koko ajan eri paikkakunnalla kuin asiakas on, minkä vuoksi monivaiheisuus rytmittyy asiakaskohtamisen ja testaamisen kanssa. Asiakaspalautteen perusteella siirryin aina seuraavaan tuotteen kehitysvaiheeseen. Aloitin rakentamisen yleisistä niistä ominaisuuksista, mitkä ovat tärkeitä tämmöiselle pelituolille, eli keventämisestä, madaltamisesta ja yksinkertaistamisesta. Pelituolin alustan kehittämisen jälkeen aloin suunnitella muita tuolin komponentteja asiakaslähtöisesti yksilölliset tarpeet huomioon ottaen.

5.1 Ensimmäinen vaihe

Rakennusprojektin ensimmäisessä vaiheessa paneuduin kehittämisen perusvaiheisiin, eli tuolin madaltamiseen, keventämiseen ja yksinkertaistamiseen. Tuolin rakennetta tutkiessa kävi ilmi, että helpoin tapa lähteä kehittämään tuolia on purkaa se kokonaan osiin. Tuolin purkaminen auttoi rakenteiden hahmottamisessa. Hahmottelin mielessäni vaihtoehtoisia ratkaisuja tuolin rakenteeseen samalla, kun irrottelin osia alkuperäisiltä paikoilta. Alkuperäisiä osia hyödynsin hyvin vähän sellaisenaan, mutta materiaalia niistä sai moniin muihin ratkaisuihin. Moottoreista, alumiinirungosta ja akuista alkoi varsinainen tuolin suunnittelu.

5.1.1 Moottorien kannattimet

Moottorien kannattimien suunnittelussa lähdin liikkeelle aluksi aivan liian vaikealla tavalla. Valmistin prototyypit moottorien kannattimista (ks. kuvio 1). Kannattimet oli suunniteltu korvaamaan vaihdelaatikoiden kannet ja samalla moottorien kiinnitys runkoon olisi ollut mahdollista. Ajatuksena tälle olisi ollut se, että moottorit olisivat tulleet

tavallaan väärinpäin rungon yläpuolelle, jolloin painopistettä olisi saanut alemmas. Ra-



kenteen korkeudesta joh-
tuen sääntöjen mukainen
toteutus olisi ollut mahdo-
tonta. Runko olisi tullut
niin matalalle, ettei pallo
olisi sopinut alittamaan
sitä. Myös eturenkaiden
kannattimet olisi ollut vai-
kea saada kiinnitettyä ma-
talan asennuskorkeuden
vuoksi.

Kuvio 1. Vaihelaatikoiden kannet korvaavat moottorien kannattimet.

Kokeiltujen kannattimien pohjalta aloin suunnitella uusia kannattimia, joissa saisi mah-
dollisimman matalan asennuskorkeuden ja moottorit tulisivat niin päin kuin ne oikeasti
ovatkin. Alkuperäisistä moottorien kannattimista sainkin leikattua irti vaihelaatikoihin
pultattavan 4 mm paksun metallilevyn. Mitoitin ja leikkasin 6 mm metallisesta liima-
puun liitoskomponentista tarvittavan L-kulman moottorin kannattimeen. L-kulman
rei'itys on mitoitettu siten, että se sopii jokaiseen reikäpariin rungon takaosan sisäpin-
nalla. Rungon reikäpareissa on M8-kierteellä olevat mutteriniitit. L-kulman hitsasin n.
10 asteen camper-kulmaan, jolloin tuoliin saatiin tukevuutta ja ketteryyttä. Ensimmäi-
nen hitsaus epäonnistui, minkä vuoksi jouduin vielä leikkaamaan ja hiomaan osat uu-
delleen. Syynä tähän oli se, että en osannut hitsata puikkohitsauslaitteella kunnolla.
Yritin hitsausta uudelleen, kun sain hankittua ydintäytelankaa käyttävän MIG-
hitsauslaitteen. Uudella laitteella sain hitsattua kiinnityslevyn ja L-kulman onnistuneesti
toisiinsa. Vaikka reikien mitoitus antoikin mahdollisuuksia kiinnittää moottorit useam-
paankin paikkaan, pulttasin ne etumaisiin, jotta sain keskitettyä painopistettä mahdolli-
simman hyvin.

5.1.2 Eturenkaat

Rungon madaltumisen johdosta vanhat eturenkaat eivät tulleet ollenkaan kysymykseen. Myös niiden paino oli huomattavan suuri, joten oli keksittävä vaihtoehtoja eturenkaiden toteuttamiseen. Aloin soveltaa vanhoja manuaalipyörätuolin alumiinisia etupyöräkannattimia. Eturenkaiksi ostin 100 mm halkaisijaltaan olevat potkulaudan renkaat. Renkaiden valintaan vaikutti niiden keveys ja hyvä laakerointi. Jouduin keskitämään renkaat molemmilta puolilta 20 mm:n pituisilla metalliholkeilla, koska haarukat olivat 40 mm liian leveät. Pyöräkannattimet oli kiinnitetty 10 mm pultilla vanhaan pystyakseliinsa, minkä vuoksi jouduin avartamaan reikää 6 mm. En löytänyt siinä tilanteessa sopivaa poranterää, joten jouduin soveltamaan reiän poraamiseen tarvittavien välineiden käyttöä. Otin yhden M16 pultin ja teroitin sen kärjen leikkaavaksi. Tällä tällä sain avarrettua reiät juuri sopiviksi.

Etuhaarukan akseloimiseen tuolin runkoon jouduin valmistamaan kokonaan uudet akselit. Lähtökohdaksi otin 120 mm pitkän M16-pultin. Sorvasin pultin kierteetöntä osaa hieman ohuemmaksi, eli 15,5 mm:n paksuiseksi, jotta se sopi rungon liukulaakeroituihin pystyreikiin. Tein halkaistusta mutterista ja aluslevystä hitsaamalla vastakappaleen rengashaarukan kiinnitysmutteria varten. Aluslevy toimii rakenteessa painelaakerina



(ks. kuvio 2). Vastakappaleen mutteri piti sen takia halkaista, jotta rakennekorkeus ei ylittyisi. Aluslevyillä säädin lopuksi korkeuden sellaiseksi, että akseli oli täysin pystysuorassa. Tässä vaiheessa en vielä lukinnut eturenkaita runkoon.

Kuvio 2. Eturengas ja pystyakseli.

5.1.3 Keulintarauta

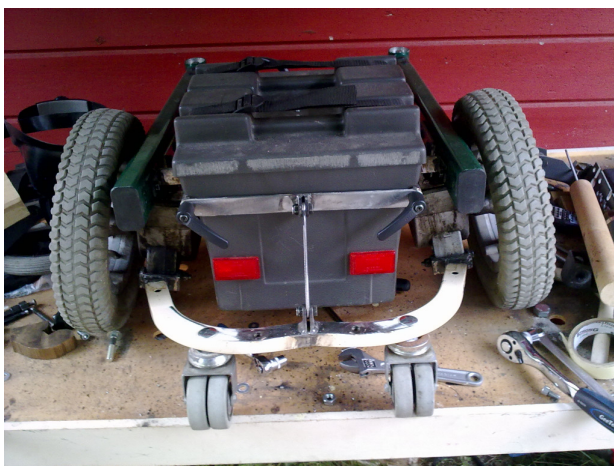
Ottaen huomioon asiakkaan painon sekä vetävien renkaiden painopisteen, suunnittelin keulintaraudasta tukevan. Lähtökohdaksi otin vanhan Eeva-kävelytelineen käsinojassa



olleen metallikaaren. Pienensin ja muotoilin kaarta, jotta sain sen päät samalle leveydelle kuin vaihdelaatikoiden alanurkassa olevat 8 mm kiinnitysreiät. Valmistin vanhoista iskunvaimentimien kiinnitysrautoista kiinnityspisteet taka-kaarelle (ks. kuvio 3).

Kuvio 3. Keulintaraudan kiinnike vaihdelaatikkoon.

Pulttasin kiinnittimet vaihdelaatikoihin kiinni ja säädin kaaren sellaiselle korkeudelle, että siihen kiinnitettävät tukipyörät tulivat kohtisuoraan. Hitsasin kaaren kiinni vaihdelaatikoihin pultattuihin kiinnityspisteisiin. Mitoitin tukirenkaiden paikat kaarelle ja porasin 10 mm:n poranterällä reiät kiinnityspulteille. Tukirenkaat ovat tukevat paripyörälliset, vanhasta henkilönostimesta evakuoidut renkaat. Kiinnitin tukipyörät 10 mm:n rekipulteilla kaareen kiinni. Rekipultit ovat miellyttävä vaihtoehto, koska näkyvä



kuvio 4. Keulintarauta ja kiinnikkeet takaa.

pultin kanta on sileäpintainen. Kaari täytyi tukea myös kolmannesta pisteestä runkoon, jotta se toimisi (ks. kuvio 4). Kolmannen tukipisteen otin akkujen kiinnityspannasta. Tein tukivarresta pulteilla niveltävän, jotta se kääntyy syrjään akkujen kiinnityspannan mukana esimerkiksi huollon aikana.

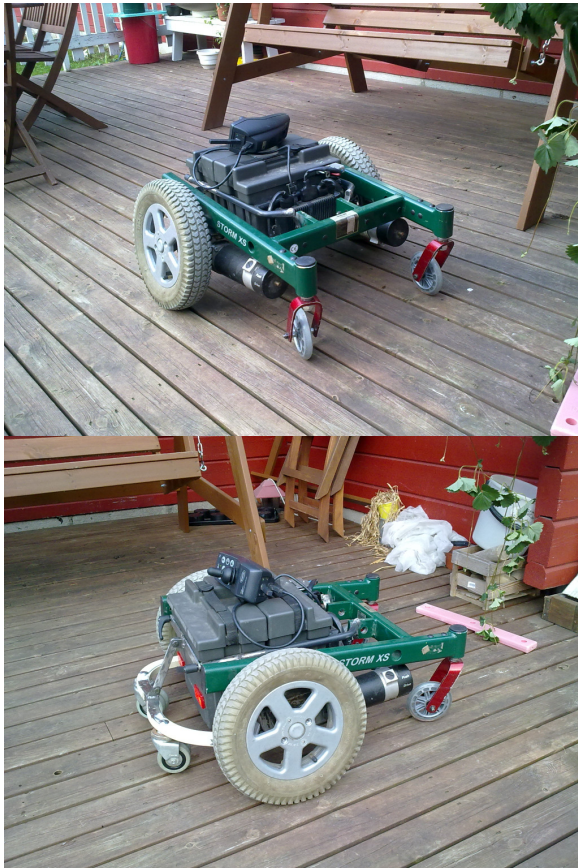
5.1.4 Akkuteline

Akkujen kannatukseen käytin samoja akkukoteloita ja samaa rautaputkirunkoa, mitkä tuolissa olivat alun perin, tosin kiinnityskorvakkeita muutin hyvin paljon. Leikkasin vanhat kiinnityskorvakkeet irti ja uusien suunnittelun aloitin toisenlaisesta lähtökohdasta. Rakensin tuolin alle n. 80 mm korkean tason. Kaikki, mitä rakensin tason päälle, tuli sääntöjen mukaiselle korkeudelle, eli pallo sopisi liikkumaan sen alitse. Nostin akut koteloihinsa tasolle ja asensin kannatinputket koteloihin. Tästä sain mitattua kannatinputkien korkeuden suhteessa rungon korkeuteen ja pystyin aloittamaan kiinnityskorvakkeiden suunnittelun ja mitoittamisen.

Käytin vanhoja akkutelineen kiinnitysrautoja pienten muutosten jälkeen telineen takaosassa uudelleen, mutta eteen jouduin soveltamaan kiinnitysraudat muista materiaaleista. Kannatinputken etuosasta leikkasin paljon muutakin materiaalia pois, koska ne eivät olleet enää tarpeellisia. Pulttasin akkutelineen kiinni samoihin kohtiin, joista sen olin purkanutkin. Alkuperäisessä asetelmassa akut lukittuivat paikoilleen erillisellä sangalla, joka kääntyi yläkautta akkujen taakse. Telineen uuden asennuskorkeuden vuoksi en voinut käyttää sitä. Aloin suunnitella uudenlaista akkutelinettä, jonka saisi myös nopeasti aukaistua niin kuin vanhankin. Akkukoteloita kannattavien putkien päät olivat samalla tasolla kuin koteloiden takaseinä, joten niihin oli helppo soveltaa kiinnitysratkaisua. Hitsasin molemmille puolille putken suulle M8-mutterit, jotka mahdollistivat ruuvikiinnityksen käyttämisen. Leikkasin lattaraudasta sidepannan, jonka kiinnitin käsikahvoilla varustetuilla kiinnitysmuttereilla. Ajatuksena oli, että akkuihin pääsisi helposti käsiksi esimerkiksi huoltotoimenpiteitä varten. Myös tuolin purkaminen useampaan kokonaisuuteen käsin siirtämiseksi olisi näin ollen helpompaa. Kaatumarauta tukeutuu tähän samaiseen pantaan.

5.1.5 Tulos

Tuolin kehityksen ensimmäinen vaihe alkoi olla valmis (ks. kuvio 5). Kiinnitin ohjainrasian ja liittimet paikoilleen ja testasin tekniikan. Pakkailin tuolin rungon kaikkineen osineen auton perälle ja suuntasin kulkuni asiakkaan luokse.



Kuvio 5. Tuolin alusta ensimmäisen vaiheen jälkeen.

5.2 Toinen vaihe

Käytyäni asiakkaan luona tutustumassa käytössä olevaan pelituoliin ja hakemassa uuteen pelituoliin tulevan istuimen totesimme useita muuttamisen ja kehittämisen tarpeita. Otin käydessäni mittoja asiakkaasta istuimen asettelua ajatellen. Reiden ja säären pituusmitan perusteella voin suunnitella istuimen asennusta. Käytössä olevassa tuolissa oli isokokoisemmat akut, joiden mitat myös otin, koska akkujen kannattimet menivät uudelleen suunnitteluun. Mitat akuista otin mukaan sen vuoksi, että voin tehdä uuden akkuelineen sen kokoiseksi, että siihen sopivat isommatkin akut ilman muutoksia. Sa-

mallalla sain myös toisenlaisen ohjainlaitteen, joka on suosittu pelituolikäytössä sen kestävyys vuoksi.

5.2.1 Akkuteline

Jouduin tekemään rajuja muutoksia akkutelineeseen. Luovuin alkuperäisistä akkukote-loista kokonaan, jotta sain rakennetta matalammaksi. Runkoon kiinnitettyä kannatin-putkea pystyin hyödyntämään ilman muutoksia. Uuden akkutelineen suunnittelussa otin lähtökohdaksi vanhan tuolin akuista otetut mitat.

Leikkasin ja hitsasin L-kulmaraudasta alakehän akkujen kannatukseen. Mitoitin kehän niin, että akut tulevat peräkkäin telineeseen. Hitsasin myös kaksi lisätukea kehikon pohjaan ja yhden poikittain jakamaan tilan sekä jäykistämään pohjaa. Telineen korkeuden mitoituksessa lähdin etenemään samanlaisin keinoin kuin ensimmäisessäkin vaiheessa. Asettelin tuolin rungon tasaiselle alustalle ja rakensin 80 mm korkean tason renkaiden väliin. Asetin alakehän tämän tason päälle, jolloin sääntöjen mukainen korkeus saavutettiin. Kannatinputken ja alakehän välinen mitta voitiin nyt mitata ja työstää siihen sopivat kannattimet. Hitsasin kannattimet ensin alakehään, jolloin ne oli helpompi saada oikeaan asentoon ja asemaan. Lopuksi hitsasin kannattimien yläpäät



kiinni. Akkuteline alkoi olla valmis (ks. kuvio 6). Uudessa telineessä vanhat akut ovat todella väljästi. Sidoin akut keskellä olevan jäykisteraudan ympärille irtoremmillä. Remmi on tarkoitus korvata tukevammalla ratkaisulla myöhemmin.

Kuvio 6. Uusi akkuteline

5.2.2 Istuimen asennus

Istuimen asennuksen suunnittelun aloitin samalla tavoin kuin tuolin rungon hahmotuksenkin, eli purin sitä aika paljon ja tarkastin rakenteen. Istuimessa oli hyvä metallirunko, jolloin sitä ei tarvinnut alkaa erikseen tukea. Tavoitteena oli saada tukeva kiinnitys ja samalla helppo säädettävyys. Istuinta tulisi voida säätää etu-takasuunnassa ja istuinkulmaa ylä-alasuunnassa, jolloin voitaisiin hakea optimaalinen painopiste sekä tukevuus reisien alueelta.

5.2.3 Istuimen takakiinnike

Istuimen pohjasta löytyi valmiiksi hyvät kierteellä varustetut kiinnityspisteet takatuen kiinnitykseen. Suunnittelin istuimen takareunan kiinnitykseen sellaisen tuen, että se samalla tukisi tuolin runkoa sivusuunnassa. Valmistin leveistä lehtisaranoista ja neljän millimetrin paksuisista metallipalasista pultattavat kiinnikkeet istuimen runkoon. Saranoiden toisen osan hitsasin 25 mm x 25 mm huonekaluputkeen, joka ylsi molemmista päistä rungon päälle. Huonekaluputken päihin hitsasin 25 mm leveästä lattaraudasta



Kuvio 7. Istuimen takakiinnike.

runkoon pultattavat kiinnityslevyt. Kiinnityslevyihin mitoitin ja porasin 8 mm halkaisijaltaan olevat reiät 50 mm päähän toisistaan. Istuimen kallistuksen säätö toimii näiden saranoiden kautta (ks. kuvio 7).

Mitoitin kiinnitysreiät runkoon. Asetin istuimen rungon päälle siten, että istuvan henkilön kuviteltu painolinja kulkisi vetävien renkaiden akselilinjan kanssa samassa linjassa. Mitoitin painopistelinjasta kaksi reikäparia sekä eteen että taakse. Reikiä tuli 10 kappaletta puolelleen 10 mm välein, mikä mahdollistaa istuimen siirtämisen etu-takasuunnassa viiden senttimetrin säädöllä. Kierteitin reiät M8-kierteelle, jolloin kiinni-

tyspultit eivät tarvitse erillisiä vastamuttereita. Muttereiden kiinnitys runkoputken sisälle olisi ollut todella vaikeata. Kiinnitin istuimen takaosan runkoon ja aloin suunnitella etuosan kiinnitystä ja kallistuksen säätöä.

5.2.4 Istuimen etukiinnike

Etukiinnike ei ollut kovin helppo toteuttaa. Ensimmäisenä mittaillin tulevan säätöruuvien mahdollistaman säätövaran. Asemoin säädöt keskiasentoon, jotta pelivaraa olisi kumpaankin suuntaan ja aloin mittaamaan sille kiinnityspisteitä. Koska jalkalautaa ei vielä ollut rakennettuna, mittasin kallistuskulman kuvitellusta jalkalaudan pinnasta asiakkaan säärimittaa hyväksikäyttäen. Samalla jouduin tarkkailemaan, ettei säätöruuvien alapää tulisi liian alas, jolloin taas pallon kulku voisi estyä eikä se olisi enää sääntöjen mukaista. Päätin akseloida säätöruuvien yläpäähän ihan istuimen etureinaan. Hahmottelin kiinnik-



Kuvio 8. Etukiinnikkeen osat

keen jossa säätöruuvi pääsisi tekemään pientä säädön aiheuttamaa kääntyvää liikettä. Istuimessa on hyvä metallirunko, joten suunnittelin siron kiinnikkeen, jonka saisi kuitenkin hyvin kiinnitettyä. Leikkasin 5 mm metallista kuvan mukaiset osat (ks. kuvio 5).



Kuvio 9. Kulmapalojen hitsaus

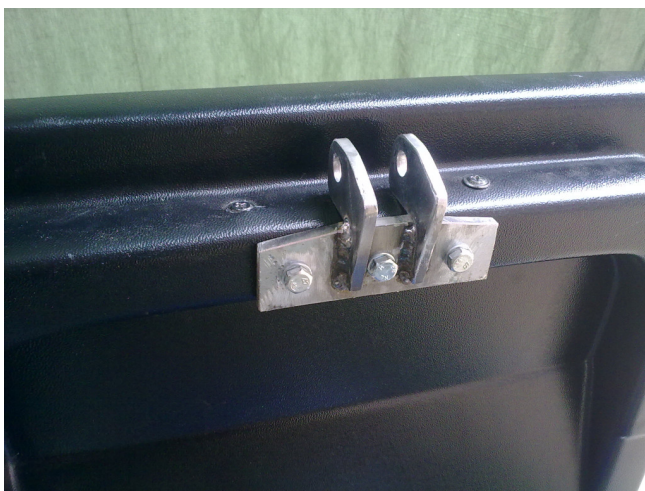
Tällaisella muotoilulla sain kiinnityslevyn siirrettyä ja käännettyä säätöruuvien akselointipisteestä tukevammalle alustalle. Kiinnitys tulee tukevammaksi, kun se lepää koko levyn alalta istuimen rungossa. Toisenlainen kiinnitys olisi kuormittanut enemmän itse kiinnitysruuveja. Kulmapalojen hitsauksen ajaksi pulittasin kulmapalat yhteen ja holkitin välin niin, että säätöruuvi sopii hitsauksen jälkeen holkin tilalle (ks. kuvio 9). Hitsauksen jälkeen viistin kiinnityslevyä päihin kapenevaksi ja porasin kiinnitysruuveille reiät.

Seuraavana oli etukiinnikkeen pulttaus istuimen runkoon. Asetin kiinnikkeen sen tulevalle paikalle ja porasin istuimen muovikuoreen ja runkoon tarvittavat reiät. Niiden sijainti on kiinnikkeen läpi porattuna valmiiksi tarkka eikä erillistä mittailua tarvittu. Jouduin purkamaan istuimen muoviosat ja hieman verhoiluja, jotta pääsin metallirunkoon käsiksi. Avarsin poratut reiät pari millimetriä isommiksi. Jouduin hitsaamaan kiinnityspulteille vastamutterit, jotta etukiinnike voitaisiin kiristää paikoilleen kaikkien rakenteiden läpi.



Kuvio 10. Vastamutterit runkoon hitsattavaksi

Hitsasin muttereihin ensin isot aluslevyt, jotta ne olisi helpompi hitsata runkopalkin sisälle (ks. kuvio 10). Kun sain vastamutterit hitsattua runko palkkiin, asensin verhoilut ja muovisuojat takaisin istuimeen. Pulttasin etukiinnikkeen istuimen runkoon kiinni ja pääsin suunnittelemaan säätöruuvien alatukea (ks. kuvio 11).



Kuvio 11. Yläkiinnike paikalle asennettuna

Säätöruuvien alapään kiinnitykseen löytyi nopeasti hyvä vaihtoehto. Vanha etupyöräkannatin oli sopivan levyinen rungossa olevien palkkien väliin ja reiätkin olivat oikean kokoiset. Muotoilin ja kevensin pyöräkannatinta leikkaamalla pystyakselin pois ja kaivantamalla kannatinta hieman (ks. kuvio 12).



Kuvio 12. Alakiinnikkeen muotoilu

Tulevaan tukihaarukkaan piti vielä saada kiinnityskorvakkeet säätöruuvien alapäälle. Sen suunnittelussa ei kaikki mennyt heti kohdalleen. Hitsasin korvakkeet suoraan haarukan väliin, minkä vuoksi pulttia ei saanut poistettua, saati sitten asennettua paikoilleen (ks. kuvio 13).



Kuvio 13. Väärin hitsatut kiinnityskorvakkeet

Leikkasin koko rakennelman vielä irti ja aloitin uuden suunnittelun. Uudet korvakkeet (ks. kuvio 14.) tulivat ulommas haarukan sisältä, jolloin pultin irrotus ja kiinnitys onnistui.



Kuvio 14. Uudet ulkonevat kiinnikkeet

Vaihdoin akkutelineen etupäästä kiinnityspultit pidemmiksi, koska kiinnitin tukihaarukan samoihin pultteihin (ks. kuvio 15). Kiristin tukihaarukan suhteellisen tiukalle, koska kiinnityspisteitä ei ollut kuin ne kaksi ja nekin samalla linjalla keskenään. Tukihaarukka pääsee hieman kääntymään kiinnityksessään, mutta se ikään kuin roikkuu kiinnityspulttensa varassa, jolloin siitä ei ole mitään vaaraa.



Kuvio 15. Alatuki ja säätöruuvi paikoillaan

Säätöruuvien alapään pulttasin kiinni, mutta yläpäähän laitoin vanhasta kokoonpanosta napin painalluksella irtoavan pikatapin. Kun pikatapin ottaa pois, istuimen voi kallistaa saranoidensa varassa aivan pysyyn, jolloin akkuihin pääsee käsiksi.

5.2.5 Jalkalauta

Jalkalaudasta pyrin suunnittelemaan mahdollisimman tukevan ja suojaavan, koska peleissä sattuu usein yhteentörmäyksiä. Hahmottelin vanhoista rollaattorin osista erilaisia malleja, mutta hylkäsin ne. Katsoin internetistä malleja jo valmiista jalkalautoista ja sain niistä paljon ideoita. Uusien ideoiden pohjalta leikkelin erilaisia palasia suihku-tuoleista ja hahmottelin niistä erilaisia yhdistelmiä (ks. kuvio 16).



Kuvio 16. Jalkalaudan hahmottelua

Avasin rungon etuosasta kaikki suojatulpat jotka olivat valmiiden kierteiden suojana. Hahmottelin jalkalaudan kiinnitystä näiden pisteiden ympärille. Rungon sivuputken sisäpinnalta löytyivät sopivat reikäparit lähtökohdaksi. Valmistin reikäpareille sopivan kiinnityslapun ja sovittelin sivuilta alaslaskeutuvat putket niihin. Hitsasin liitoksen ensin kevyesti ja tarkistin sopivuuden ja asennot ennen kuin hitsasin ne lopullisesti kiinni. Istuimen asennuksessa mittasin jalkalaudan korkeuden noin 100 mm korkeudelle lattia-tasosta eli jalkalaudan alle jää se vaadittu pallon mentävä korkeus. Tämän matalan asennuskorkeuden vuoksi muoto on kolmion mallinen, jotta eturenkaat sopivat kääntymään. Hitsailin ja suunnittelin rakennetta eteenpäin. Tarkoitus oli tehdä prototyyppi ja kehittää jalkalautaa asiakkaan testauksen jälkeen. Valmistin pelkän kehikon (ks. kuvio 17). Pohjaverkon ja muut lisärakenteet voisi suunnitella asiakkaan kanssa yhdessä.



Kuvio 17. Jalkalaudan prototyyppi

5.2.6 Ohjelmoiminen

Sähköpyörätuolin ohjainta voidaan ohjelmoida asiakaskohtaisesti. Säädetäviä ominaisuuksia on monia, mm. huippunopeus, kiihtyvyys, jarrutus, kääntyvyyden herkkyys ja nopeus. Sain Oulun Respectasta lainaksi Invacaren ohjelmoimiseen tarkoitetun laitteen. En ollut aikaisemmin ohjelmoinut vastaavalla laitteella, mutta itseopiskelu sujui hyvin. Ohjelmoitavat arvot ilmoitettiin prosentteina ja niitä muutellessa ja kokeillessa sain aika hyvän tuntuman ohjelmoinnista. Kokeilin erilaisia variaatioita prosentti arvoissa, mutta lopuksi päädyin nostamaan kaikki sataan prosenttiin. Täysillä arvoilla ajeltaessa tuntui, että tuoli tekee juuri niin kuin ohjaimella ”käskee”. Kyseinen ohjelmointi tuntui itsestä hyvältä, mutta sain ohjelmointilaitteen lainaksi myös pelikentälle, jotta voisin korjata asetuksia asiakkaan kokemuksen perusteella. Muuta ei tarvittu. Asiakas oli tyytyväinen ohjainasetuksiin.

5.2.7 Tulos

Toisen vaiheen lopussa olin saanut tuolin jo pelikuntoon. Tein tuoliin uuden akkutelineen, ja jalkalaudan prototyypin sekä istuimen asennuksen. Pakkasin tuolin taas autoon ja kuljetin pelituolin Ouluun, missä luovutin sen asiakkaalle ensimmäiseen harjoitukseen testattavaksi. Seurasin myös itse ottelun ja tarkkailin, kuinka asiakkaani selviää uuden tuolinsa kanssa.

5.3 Kolmas vaihe

Asiakas otti osaa viikoittaiseen harjoitukseen joukkueensa kanssa kehitysvaiheessa olevalla pelituolilla. Kolmannessa vaiheessa käyn läpi ensimmäisen pelitestauksen jälkeen ilmenneitä kehitys- ja parannusideoita. Jalkalaudan prototyyppiin tuli asiakkaalta hyviä kehitysvinkkejä. Asiakas oli tyytyväinen pelituntumaan, ketteryuteen ja turvallisuuteen. Asiakkaan kanssa totesimme toisen turvapyörän olevan turha. Myös kaatumauraudan tukivarren toteutus pitää uusia.

5.3.1 Lisärakenteet jalkalautaan ja moottorisuojat

Jo olemassa olevaan jalkalautaan tuli lisättäviä osia. Pohjaverkko puuttui vielä tässä vaiheessa, mutta se olikin tarkoitus laittaa vasta testauksen jälkeen. Uutena asiana tuli lisäputken asennus jalkalaudan eteen suojaamaan jalkateriä sekä pitämään ne jalkalaudan päällä. Moottorien suojat puuttuivat myös, mutta asiakkaalta tuli hyviä vinkkejä sen suunnitteluun. Asiakas toivoi, ettei moottoreita pelkästään suojata vaan tehdään siitä myös eturenkaita suojaava metallikaari.

Pohjaverkon jalkalautaan löysin vanhasta rollaatetorista. Leikkasin verkon irti kulmahiomakoneella ja sovittelin sitä jalkalaudan päälle. Piirsin verkkoon jalkalaudan muodot ja leikkasin ylimääräiset osat verkosta pois. Hitsasin verkon kiinni, hioin ja viimeistelin saumat.

Moottorien ja eturenkaiden suojat on valmistettu, kuten jalkalautakin, vanhoista suihkutuoleista. Leikkelin suihkutuoleista erilaisia palasia ja sommittelin niitä tuolin runkoon. Moottorisuojaan jouduin tekemään kiinnityspisteen vetävien renkaiden eteen. Porasin 11 mm poranterällä runkopalkkiin reiät ja asensin niihin M8 kierteellä olevat niittimutterit. Pulttasin niittimuttereihin lattauraudan palaset, joihin moottorisuojat hitsataan. Yhdistin molemmille puolille kaksi eri putken palasta, joissa oli valmista muotoa ja kulmaa (ks. kuvio 18). Moottorisuojat tulevat hyvin lähelle kääntyviä eturenkaita, joten ne voivat aiheuttaa ongelmia jatkossa. Suojia olikin tarkoitus kehittää jatkossa, joten otimme joitakin testauspelejä ja seurasimme suojan toimivuutta.



Kuvio 18. Jalkalauta ja moottorisuojat

5.3.2 Ohjaimen kannattimen muutokset

Ohjain kiinnittyi käsinojaan nelikulmaisella teleskooppiputkella, jonka pituutta voitiin



säätää. Asiakkaalle ohjaimen asennuskorkeus oli liian suuri, minkä vuoksi ohjaavan käden rannetta joutui voimakkaasti taivuttamaan ylöspäin. Lisäsin rakenteeseen toisen putken, jonka hitsasin 45 mm alemmas putken keskilinjasta mitaten (ks. kuvio 19). Asiakas oli tyytyväinen tehtyihin muutoksiin.

Kuvio 19. Ohjaimen kannattimen muutos

5.3.3 Keulintaraudan muutokset

Keulintaraudassa oli monia parantamisen aiheita. Keulintaraudan tukipiste akkutelineen sidepannassa oli liian heikko ja joustava. Myös toinen tukipyöristä oli aivan turhaan lisäämässä painoa. Otin toisen tukipyöristä pois ja siirsin jäljelle jääneen keulintaraudan keskelle. Poistin edelliset tukivarret ja niiden kiinnikkeet, jonka jälkeen aloin suunnitella ja mitoittaa uusia ja tukevampia tukivarsia. Uuden tukipisteen otin suoraan rungosta, jolloin saadaan ylimääräiset joustot pois. Rungossa oli takaosassa sopivalla kohdalla valmiit ruuvireiät M8 pulteille. Mitoitin runkopalkkien sisäpintojen myötäisesti uudet kiinnityspisteet kaatumarautaan ja hitsasin kiinnityskorvakkeet tukivarsille. Mitoitin uudet tukivarret niin, että pääsisin peliasennossa mahdollisimman lähelle lattiapintaa.

Tein myös kiinnitysreiät kaatumaraudan tukivarteen kuljetusasentoon, jolloin asiakkaan siirtymiset pelikentille ovat mahdollisia.

5.3.4 Eturenkaiden hienosäätö

Omissa testauksissa ja ensimmäisessä pelissä eturenkaat joutuivat melko kovalle koe-
tukselle ja huomasin niiden löystyneen aika paljon. Rengashaarukat oli kiinnitetty ny-
lonmuttereilla pystyakseliin kiinni eli ne eivät olleet löystyneet, mutta itse tehty
vastakappale oli antanut periksi ja päässyt hieman löystymään. Korjasin molempien
vastakappaleiden kiinnityksen ja varmistin ne vielä hitsaamalla kauttaaltaan. Jouduin
sorvaamaan hitsaus purseet vielä pois, jottei ne veisi tilaa liitoksissa. Tässä vaiheessa
kiinnitin etuhaarukat. Porasin pystyakselien yläpäähän reiät akselin suuntaisesti ja kier-



teytin ne M8 kierteellä. Väänsin vanhasta polku-
pyörän pinnasta kierrejous-
set akseleiden yläpäähän ja
kiristin isolla korialuslevyllä
ja M8 pultilla pystyakselit
runkoon kiinni (ks. kuvio
20). Kierrejousi antaa hie-
man joustoa ylä-
alasuunnassa ja pitää sa-
malla sauman sopivan ki-
reällä.

Kuvio 20. Eturenkaan kiinnitys

5.4 Neljäs vaihe

Asiakkaani osallistui Vantaalla järjestettyyn turnaukseen rakentamalla tuolilla. Turna-
uksen jälkeen tuoli jäi minulle Espooseen loppukehittämistä varten ja sen viimeistelee-
miseksi. Viimeisessä ottelussa tuoli oli saanut osuman oikeanpuoleiseen
moottorisuojaan, joka oli painunut sisäänpäin ja esti etupyörän kääntymisen ympäri.
Moottorisuojaan pitäisi tehdä korjaavat muutokset ja vahvistukset. Harkitsin myös etu-
haarukoiden vaihtamista matalaprofilisempiin. Tuolin sähköjen johdotukseen olisi tar-
koitus tehdä myös parantavia muutoksia.

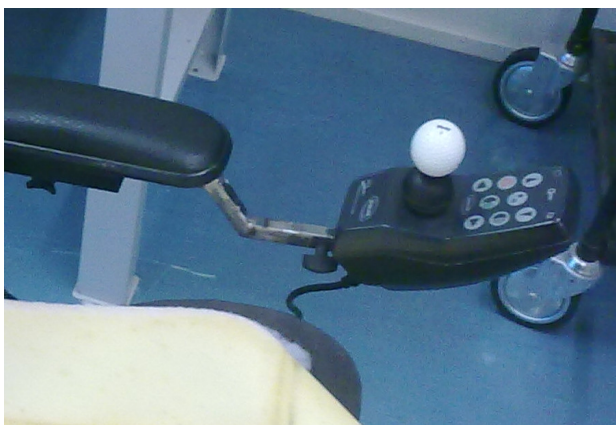
5.4.1 Ohjaimen johto

Asiakkaan toivomuksena oli, että ohjaimen johto olisi hyvä olla pidempi, koska käsinoja ei pääse nousemaan ylös ilman, että johdon ottaa pois ohjaimesta. Istuimessa on ylös nostettavat käsinojat ja niitä olisi hyvä myös pystyä käyttämään, koska siirtymiset tuoliin ja tuolista pois tapahtuvat henkilönostimella. Ongelmaksi on muodostunut ohjaimen johto, joka on niin lyhyt, että se estää vasemman puoleisen käsinojan nostamisen. Olin huomioinut saman ongelman. Uusi johto piti olla ainakin 130 cm pituinen. Jatkoin johtoa juottamalla siihen tarvittavan mittaisen jatkeen. Kokeilin johtoa, mutta tuoli ei toiminut.

Onneksi ongelmaan löytyi ratkaisu, kun soitin HUS:in apuvälineyksikköön Jouni Remek-selle, jonka tiesin sähköpyörätuolien asiantuntijaksi. Remeksen mukaan ongelma oli tuttu ja mahdollisesti korjattavissa ohjaimen uudelleen ohjelmoinnilla. Johto oli jatkettu täysin oikein, mutta joskus ohjaimet kuulemma vaativat ohjelmoinnin johtoa korjatta-essa tai vaihdettaessa. Otin ohjaimen sekä jatkettun johdon mukaani ja lähdin käymään HUS:in apuvälineyksikössä. Jounilla oli antaa kokonaan uusi johto itsejatkettun tilalle. Uudella johdolla ei samaa ongelmaa ilmennyt.

5.4.2 Ohjaimen kannatin

Tein vielä muutoksia ohjaimen kannattimeen huomattuani sen huonon muotoilun. Asi-

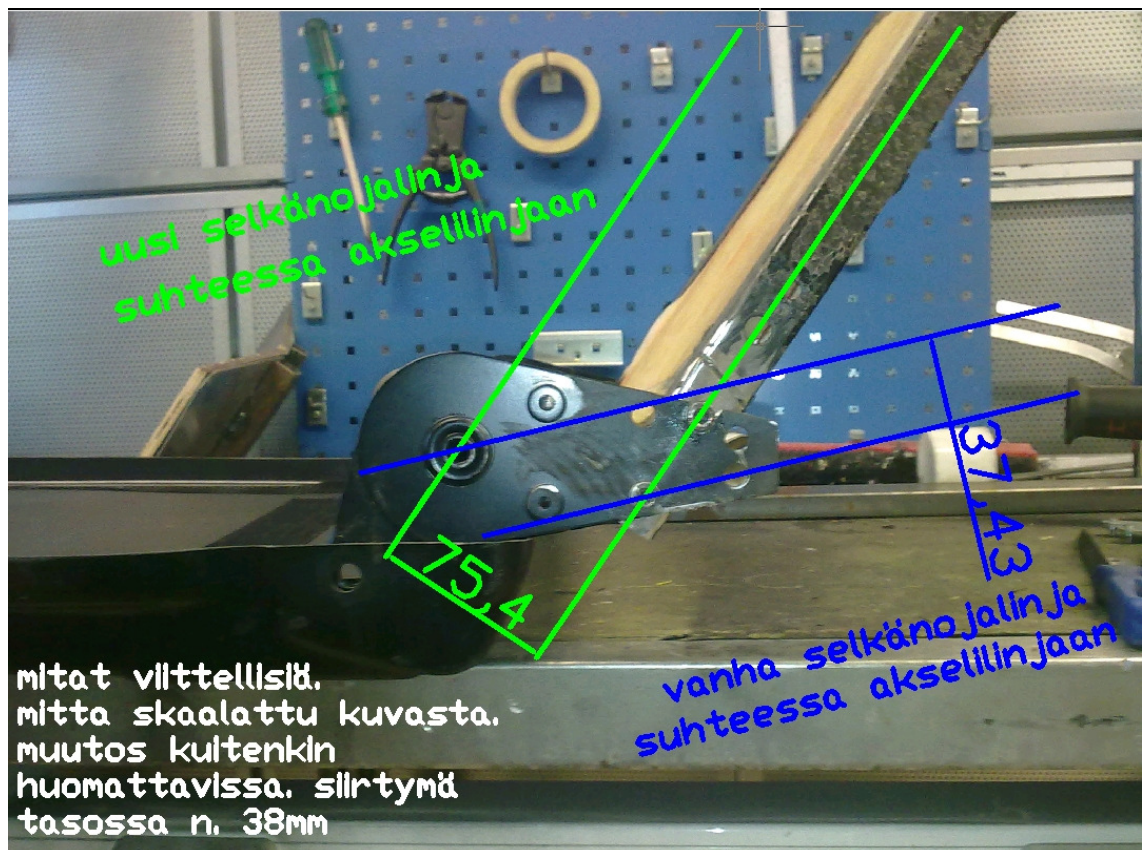


akkaani joutui siirtämään ohjaimen sen verran eteen, että rakenteen kulmikkaus aiheutti ongelmia. Leikkasin osat vielä irti toisistaan ja korvasin kaksi välissä olevaa metalliputkea yhdellä vinolla putkella (ks. kuvio 21). Tämän muutoksen ansiosta sain muodon sievemmäksi ja terävät rakenteet poistettua.

Kuvio 21. Uusi ohjaimen kannatin

5.4.3 Istuimen muutokset

Asiakkaan toiveena oli, että istuinsyvyyttä pitäisi saada lisää. Istuin ei tukenut tarpeeksi reisien alueelta. Viime pelit Vantaan turnauksessa asiakas pelasi ilman selkänöjan pehmustetta. Mietin vaihtoehtoja lisäsyvyyden saavuttamiseksi. Ensimmäisenä vaihtoehtona mietin, voiko selkänöjan tyynyä muokata ohuemmaksi. Tyynyn ohennuksen toteuttamiseen liittyy monenlaisia vaiheita ja koin sen työlääksi. Tyynyn päällyskankaat olisi pitänyt ommella uudelleen ja sovitella ja kaavotella. Toinen vaihtoehto oli siirtää koko selkänöjarunkoa tasossa taaemmas. Tutkittuani rakennetta ja purkaessa selkänöjaa irti löytyikin helppo ratkaisu. Irroitin selkänöjan kokonaan ja käänsin sitä kiinnityksissään 43 astetta. Hitsasin selkänöjan uudelleen kiinni rakenteeseen ja kasasin istuimen uudelleen. Istuinsyvyyttä saavutin tällä muutoksella noin 38 mm, eli ihan kohdallaisen paljon (ks. kuvio 22). Muutos tuntui jo kokeillessa positiiviselta.



Kuvio 22. Tasosiirron havaintokuva

6 Kirjallisen työn ulkopuolelle jäävä kehitys- ja rakennustyö

Kirjallisen työn ulkopuolelle jää vielä rakennettavaa. Ajan rajallisuuden vuoksi joudun keskittymään vielä pelituolin etupään kehittämiseen. Eturenkaiden rakenteet ovat vielä vajavaiset. Pyrin löytämään toimivan ja kestävä ratkaisun eturenkaiden toteuttamiseen. Moottorisuojaan tarvitaan myös joitakin vahvistavia rakenteita. Tämänhetkinen moottorisuoja on liian arka peleissä tapahtuville törmäyksille. Akuissa on alkuperäiset johdotukset, jotka ovat heikosti suojatut ilman akkukoteloita. Johdotuksen uusinta on myös vielä kehitettävien asioiden listalla. Tuolin tekninen viimeistely ja maalaaminen asiakkaan toivomuksen mukaisella värityksellä jää samoin vielä tämän kirjallisen työn jälkeiseen aikaan.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Saimme asiakkaani kanssa suunniteltua ja rakennettua toimivan ja näyttävän pelituolin. Tekninen rakentaminen on monelta osalta tuttua ja helppoa, mutta kun asiakaslähtöisesti lähdetään miettimään ratkaisuja, paljastuu työn monipuolisuus ja haasteellisuus. Työn tavoitteena oli kehittää asiakaslähtöisesti mahdollisimman toimiva sählypelituoli. Tuolin pelattavuus, turvallisuus ja kestävyys ovat sellaisia tavoitteita, joihin työssäni pyrin. Nämä tavoitteet saavutin työssäni hyvin.

Olen tyytyväinen valmistamassani pelituolissa moniin asioihin. Istuimen asennus ja asennuksessa tarvittavien osien suunnittelu ja valmistus onnistui erinomaisesti. Myös tuolin ulkonäkö ja pelattavuus ovat onnistuneet. Työn edetessä tulleita ongelmia oli haastava ratkoa ja niihin vastaaminen toi myös monia onnistumisen kokemuksia. Suurin epäonnistuminen tuli työni aikataulutuksessa. Projektin aloitus viivästyi liikaa, minkä vuoksi pelituolin rakentamista jäi vielä kirjallisen työn jälkeiseen aikaan.

Projektin eteenpäin vieminen ryhmittyi kehittämisen ja asiakaskohtaamisten kanssa, kuten olin arvellutkin. Työstä teki haasteellisen se, ettei tarvittavia osia ollut juuri lainkaan valmiina saatavana. Myös aikataulujen järjestäminen tuolin rakentamisessa oli joskus vaikea. Työn aloitus lähti hieman hitaasti puutteellisten työtilojen vuoksi. Tarvittavia laitteita ei ollut heti saatavana. Aloitin työni moottorien kannattimista ja edistyminen takkusi huonon hitsauslaitteen vuoksi. Uuden hitsauslaitteen hankkimisen jälkeen työni alkoi edetä jouhevammin.

Asiakkaani on ollut hyvin innostunut heti alusta asti lähtemään projektiin mukaan. Heti ensimmäisten testausten yhteydessä asiakkaan tyytyväisyys on näkynyt. Toki on ollut myös niitä kehitysideoita, mutta niitä varten minä olen testannutkin tuolia. Asiakkaani on ollut tyytyväinen tuolin ketteryuteen ja turvallisuuteen. Pelituoli on toiminut asiakkaan käytössä hyvin.

Yhteistyö eri tahojen kanssa on sujunut hyvin. Sähköpyörätuolin saaminen oli monen puhelinkeskustelun takana, mutta lopulta löytyi kuitenkin sopiva. Turun apuvälineyksikön kanssa neuvottelut tuolista olivat rakentavia ja myös opettavaisia. Myös yhteistyö Oulun Respectan ja Helsingin ja uudenmaan apuvälineyksikön Jouni Remeksen kanssa

sujui hyvin. Remekseltä sain paljon hyviä vinkkejä rakennusprojektiin ja koin yhteistyön antoisana.

Tässä työssä olisi voinut tehdä monia asioita paremmin. Käytössä oleviin pelituoleihin, käytettyihin rakenneratkaisuihin ja materiaaleihin olisi voinut perehtyä paremmin. Syvällisempi perehtyminen tuolin rakenteisiin olisi auttanut myös tämän projektin loppuun saattamista. Pelituolin jatkokehitysehdotuksina voidaan listata peruslähtökohdista ajatellen tuolin keveyteen panostamisen. Asiakkaan painon vuoksi en voinut alkaa hioa keveyttä huippuunsa, mutta materiaalivalinnoilla voitaisiin varmasti vaikuttaa myös tämän pelituolin painoon.

Lähteet

Falck, Björn – Kalimo, Hanna – Udd, Bjarne 2006. Lihastaudit. Teoksessa Partanen, Juhani – Falck, Björn – Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi (toim.): 2006: Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Duodecim. 535-536.

Historia 2007. SPT–salibandy Suomessa. Verkkodokumentti. Päivitetty 30.1.2007. <<http://www.sptsalibandy.net/index.php?option=content&task=view&id=97&Itemid=246>>. Luettu 21.10.2010.

Honkanen, Visa – Malin, Marja-Liisa – Rinne, Riitta – Viitanen, Jorma 1996. Sata harvinaista. Tietoa pienistä vammaisryhmistä. Saarijärvi: Gummerus.

Jokinen, Tapani 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino Oy. 14 ja 44.

Mälkiä, Esko 1991. Lihastaudit. Teoksessa Mälkiä, Esko (toim.): 1991: Erityisliikunta 1 – Soveltavan liikunnan perusteet. Jyväskylä: Gummerus. 75–78.

Reijonen, Miro – Niemelä, Pyry 2005. Sähköpyörätuoli liikumisvälineenä. Teoksessa Kuutamo, Osku – Hölsömäki, Heidi (toim.): 2005: Soveltavan liikunnan apuvälineet. Helsinki: Edita Prima Oy. 58–59.

Salibandy 2009. Suomen vammaisurheilu- ja liikunta VAU ry. Verkkodokumentti. <<http://vammaisurheilu.fi/fin/lajit/salibandy/>>. Luettu 21.10.2010.

SPT–salibandyn pelisäännöt 2009. SPT–salibandy Suomessa. Verkkodokumentti. Päivitetty 1.10.2010. <http://www.sptsalibandy.net/images/stories/SM20092010/pelisaannot_0910.pdf>. Luettu 10.11.2010.

Pelituoli ennen viimeistelyä

